



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# LECA-KEVYTSORALLA KEVENNETTY TIERAKENNE

Antti Jaakkola

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2018

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Infrarakentaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

JAAKKOLA, ANTTI:  
Leca-kevytsoralla kevennetty tierakenne

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Asfalttikallio Oy:lle. Opinnäytetyön koekohteeksi valittiin Tampereen kaupungin Lielahden kaupunginosassa sijaitseva kevyen liikenteen väylä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Leca-kevytsoralla kevennetyn tierakenteen etuja perinteisesti toteutettuun tierakenteeseen nähden.

Opinnäytetyössä käsitellään tierakenteen keventämistä Leca-kevytsoralla sekä perehdytään Leca-kevytsoran käyttökohteisiin ja sen etuihin. Leca-kevytsoran käytöstä pyrittiin löytämään keskeisimmät ongelmat, haasteet sekä asiat, joita voitaisiin jatkoa ajatellen korjata ja huomioida.

Opinnäytetyötä varten suoritettiin painumamittauksia kahdeksasta eri kohdasta, kahtena eri ajankohtana. Näillä pyrittiin todistamaan painumien vähentyminen kevennetyn tierakenteen johdosta. Mittausten tärkeimpänä tuloksena pystyttiin todistamaan, että kevyen liikenteen väylän painumat oli saatu estettyä sekä samalla todistettua Leca-kevytsoran toimivuus kevennysrakenteena.

Toivottu lopputulos vaatii, että työjohdolla sekä työntekijöillä on riittävät tiedot työn oikeaoppisen toteuttamisen kannalta. Opinnäytetyö tulee jatkossa palvelemaan Asfalttikallio Oy:tä Leca-kevytsoran käytössä.

---

Avainsanat: Leca-kevytsora, toteutus, mittaukset, painuma



## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Civil Engineering on Infra  
Infrastructure

JAAKKOLA, ANTTI:  
Road Structure Lightened with Leca Gravel

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 4 pages  
April 2018

---

This bachelor's thesis was made for Asfalttikallio Oy. Thesis was carried out as a guide and the main focus was to instruct how to lighten the road structure with Leca gravel. The test site of the thesis was selected a pedestrian street located in Lielähti, in the city of Tampere.

The aim of this bachelor's thesis was to introduce the use of Leca gravel and compare road structure lightened with Leca gravel with traditional road structure. In addition, the purpose was to find out advantages and possible disadvantages of using Leca gravel in road structure.

The proof that Leca gravel helps to reduce deflections was demonstrated with two settlement measurements. The measurements were taken from eight different points at two different times. With measurements it was possible to prove that Leca gravel helps to prevent deflections and works as a lightening material, when repairing a pedestrian street.

The workers and the supervisions of work must have sufficient knowledge of a construction site to carry out the whole project as it was planned. In the future this bachelor's thesis will serve the sites of Asfalttikallio Oy that are made with Leca gravel.

---

Key words: Leca gravel, achievement, measuerements, deflections

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tausta ja tavoite.....	6
1.2	Opinnäytetyön rakenne.....	6
2	KEVENNYSMATERIAALIT JA NIIDEN OMINAISUUDET .....	7
2.1	Tarkoitus ja käyttökohteet .....	7
2.2	Yleistä kevennysmateriaaleista.....	7
2.3	Leca-kevytsora.....	9
2.3.1	Valmistustapa.....	9
2.3.2	Tuotanto ja saatavuus.....	10
2.3.3	Tekniset ominaisuudet .....	11
2.3.4	Leca-kevytsoran laatuvaatimukset.....	13
2.3.5	Leca-kevytsoran mitoitustilavuuspainot .....	13
2.4	Laadunvalvonta työmaalla.....	13
2.4.1	Vaaitusperusteinen laadunvalvonta .....	14
2.4.2	Staattinen levykuormituskoe.....	14
2.5	Uudelleenkäytettävyys.....	14
2.6	Muut kevennysmateriaalit .....	14
2.6.1	EPS-kevennykset .....	14
2.6.2	Kevytsorabetoni .....	16
2.6.3	Vaahtolasi .....	17
2.6.4	Rengaskeventeet .....	19
3	TYÖKOHDDE.....	21
3.1	Kohteen tavoitteet.....	21
3.2	Käytettävä materiaali .....	22
3.3	Pohjavesialue .....	22
4	RAKENTAMINEN.....	23
4.1	Työmaavalmistelut ja toteutus.....	23
4.2	Toimitus työmaalle .....	29
4.3	Asentaminen ja tiivistäminen .....	31
4.4	Tien päällystys.....	35
4.5	Kalusto.....	36
5	MITTAUKSET .....	38
5.1	Loadman .....	38
5.2	Levykuormituskoe .....	39
5.3	Painumat .....	39
5.4	Routanousut.....	40

6 KUSTANNUKSET .....	41
7 YHTEENVETO .....	42
LÄHTEET .....	44
LIITTEET .....	45
Liite 1. Pisteiden sijainti ilmakuvakartalla .....	45
Liite 2. Painumamittausten tulokset .....	46
Liite 3. Levykuormituskokeen tulokset .....	47
Liite 4. Loadman tulokset .....	48

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tavoite

Opinnäytetyön tilaajana toimii Asfalttikallio Oy. Asfalttikallio Oy on vuonna 2012 perustettu suomalainen asfalttoinnin ja maanrakentamisen palveluja tarjoava yritys. Yrityksen päätuote on kuitenkin asfaltti. Yhtiö on aloittanut toimintansa pääkaupunkiseudulla ja laajentanut toimintaansa jatkuvasti ympäri Suomea. Koko konsernin henkilöstön määrä oli vuonna 2016 yhteensä noin 100 henkilöä ja liikevaihto noin 45,8 miljoonaa euroa.

Opinnäytetyössä käsitellään, kuinka heikosti kantavalla pohjamaalla sijaitsevan kevyen liikenteen väylän kantavuutta, tasausta sekä pohjamaan rasitusta pyritään parantamaan käyttäen Leca-kevytsoraa. Tavoitteena on määritellä työohje kevennetyn rakenteen Leca-kevytsoran käytöstä.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa työohje työmaalle Leca-kevytsoralla toteutetun kevennysrakenteen oikeaoppista toteutusta varten. Tarkoituksena on parantaa kevyen liikenteen toimivuutta ja ehkäistä sen painumista, sekä tutkia Leca-kevytsoran kevennetyn tierakenteen etuja perinteisesti toteutettuun tierakenteeseen nähden. Etuja pyrittiin löytämään huomattavasti pienemmästä massanvaihtotarpeesta, sekä kevennetyn tierakenteen eduista painumien suhteen, unohtamatta Leca-kevytsoran roudaneristävyyttä.

## 1.2 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyön alussa keskitytään Leca-kevytsoraan ja sen ominaisuuksiin, sekä erilaisiin kevennysmateriaaleihin, niiden ominaisuuksiin sekä käyttökohteisiin. Keskivaiheella tutkitaan työkohdetta, sen toteutusta, rakentamista ja Leca-kevytsoran käytössä huomioitavia asioita. Lopuksi käsitellään työmaalla suoritettut mittaukset, kustannukset ja pohditaan mahdollisia kehitysideoita.

## 2 KEVENNYSMATERIAALIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

### 2.1 Tarkoitus ja käyttökohteet

Teitä rakennettaessa pehmeikköalueille törmätään usein siihen, että kuormat kasvavat usein niin suuriksi, että painumat muodostuvat ajan saatossa liian suuriksi tai alueen vakavuus jää liian pieneksi. Tällaisten ongelmien ratkaisemiseksi on monia pohjanvahvistustapoja, jotka ominaisuuksiltaan ovat hyvin erilaisia ja erilaisiin olosuhteisiin soveliaita. Kevennysmateriaalien yhteinen piirre eri menetelmillä on usein suuret kustannukset mutta myös suuret kustannuserot eri materiaalien välillä. (Tielaitos, 1997)

Kevennysrakenteita voidaan käyttää monessa eri yhteydessä sekä uudisrakentamisessa, että korjaus- ja täydennysrakentamisessa. Käyttökohteita tierakenteessa ovat esimerkiksi:

- tiepenkereet
- meluvallit
- putkilinjat
- korjaus- ja täydennysrakentaminen
- siirtymärakenteet
- sillan tulopenkereet

Pohjanvahvistusmenetelmistä kevennystekniikka on ehkä kaikkein yksinkertaisin ja tavallisin. Kevennyksen yksiä suurimpia merkittäviä etuja erityisesti korjauskohteissa on rakentamisen nopeus, soveltuvuus erityyppisiin kohteisiin ja menetelmän joustavuus. (Tielaitos, 1997)

### 2.2 Yleistä kevennysmateriaaleista

Kevennystarkoituksiin tienrakennustöissä käytetään hyvin erilaisia materiaaleja paikallisten olosuhteiden ja materiaalien saatavuuden mukaisesti. Kevennysrakenteiden pääpaino on kuitenkin Leca-kevytsorassa. Leca-kevytsoralla on tehty ylivoimaisesti suurin osa Suomen kevennyksistä. On myös muita tärkeitä kevennysmateriaaleja, joiden merkitys ei ole pelkästään kevytsoran kanssa kilpailu, vaan joiden luontainen käyttöalue saattaa olla poikkeava. Näitä materiaaleja ovat muun muassa:

- Polystyreeni eli EPS-kevenne
- kevytsorabetoni

- vaahtolasi
- rengaskeventeet (Tien kevennysrakenteet, 1997).

Kevennysmateriaalien tärkeimpiä ohjearvoja on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Kevennysmateriaalien mitoitusarvoja (Tielaitos, 1997)

Materiaali	Tila - vuus- paino N/m <sup>3</sup>	Noste kN/m <sup>3</sup>	Puris - tus - juus kPa	Koheesio kPa	Kitka- kulma astetta	E- moduuli MPa	Paksuuseroin routamitoitukses- sa
Kevytsora	4.0 / 5.0	7.0	-	0	37	50	4
Kevytsorabetoni	7.0	*)	2 500	-	-	1 500	6
EPS	1.0	9.8	100	0	0	7	1
Vaahtobetoni	5.0	5.0	800	400	0	1 000	4
Palaturve	6.0	**)	-	0	32		13
Renkaat	2.0	0	-	20	26		*)
Rengasrouhe	6.0	0	-	10	26		6
Havupuuhaake	7.0 - 9.0	3.0	-	10	26		6

\*) Ei merkitystä tuotteen käyttöalueella.

\*\*) Ei saa joutua veden alle

Kevennysmenetelmän sekä -materiaalin valinnassa joudutaan rakentamiseen ja teknisiin asioihin liittyvien näkökohtien lisäksi huomioimaan myös materiaalien kustannukset.

Kevennysmateriaaleista kevytsora, EPS-kevennykset, kevytsorabetoni ja vaahtobetoni ovat yleisessä käytössä olevia rakennusmateriaaleja, eikä näiden kyseisten materiaalien käyttöön tarvita tapauskohtaisia lupia. Vaikka palaturpeen varsinainen käyttöalue on toinen, ei palaturve tarvitse myöskään erillistä lupaa, koska kyseessä ei ole jäte ja sitä on perinteisesti käytetty myös rakennusmateriaalina. (Tielaitos, 1997)

Sen sijaan rengaskeventeet, lentotuhka, sahanpuru, tiilimurske, betonimurske, kuonat, havupuuhaake ja havupuun kuori ovat jätteitä, joiden käyttöä ennen on syytä neuvotella ympäristöviranomaisen kanssa tapauskohtaisen luvan tarpeellisuudesta. Uutena tuotteena oleva rengasrouhe pyritään saamaan hyväksytyksi rakennusmateriaaliksi. (Tielaitos, 1997)

## 2.3 Leca-kevytsora

Infrarakentamisessa käytettävä Leca-kevytsora on kotimaisesta savesta valmistettu ke-raaminen kevytkiviaines. Kevytsorarae on huokoinen sisältään ja melko tiivis pinnal-taan (kuva 1). Leca-kevytsoran etuihin kuuluu keveys, routasuojaus, hyvä läm-möneristävyys, hyvä kuormituskestävyys ja suuri vedenläpäisevyys. Saumattoman ra-kenteensa ansiosta ajatellen Leca-kevytsoran käytettävyyttä sopii se erinomaisesti maanrakennuskäyttöön. Leca-kevytsoran paino on vain viidenneksen perinteisestä so-rasta. (Leca Finland Oy)

Pääasialliset käyttökohteet Leca-kevytsoralle ovat routasuojasta tai lämmöneristä-vyyttä vaativat rakenteet, kevennystyöt ja penkereet heikoilla tai kantamattomilla maaperillä sekä kuivatusta edellyttävät rakenteet. Esimerkiksi tie- ja katurakenteet, piha- ja liikennealueet, putkijohtorakenteet, meluvallit, ratapenkereet, siirtymäkiilat, satama-alueet ja laiturirakenteet, urheilukentät ja taustatyöt ovat tyypillisiä Leca-ke-vytsoralla toteutettuja rakennuskohteita. (Leca Finland Oy)



Kuva 1. Leca-kevytsora KS432 4-32 mm. (Weber Saint-Gobain 2017)

### 2.3.1 Valmistustapa

Kevytsora valmistetaan polttamalla luonnon savesta. Esimuokkauksen jälkeen kevyt-sora poltetaan 1100 - 1200 asteen lämpötilassa pyörivässä sylinterimäisessä polttouu-nissa. Uunilla on lievästi pituuskaltevuutta, näin uunin pyöriessä poltettava materiaali

liikkuu hitaasti uunin päästä päähän. Polttoaineena valmistuksessa käytetään öljyä ja kivihiilipölyä. Tuotantokustannuksissa energian osuus on suuri. (Tielaitos, 1997)

Kulkiessaan kuuman uunin läpi savi ensin kuivuu pulverimaiseksi jauheeksi. Kideveden höyrystyessä tapahtuu varsinaisen kevytsoran paisuminen. Paisuneet ja samalla pehmenneet savihiukkaset tarttuvat toisiinsa ja näin lopputuloksena syntyy pyöreähköjä eri kokoisia rakeita. Rakeet sisältävät runsaasti vesihöyryn täyttämiä huokosia. Kevytsora rakeiden pinta tulee poltossa melko tiiviiksi. (Tielaitos, 1997)

Näin uunituotannossa syntynyt kevytsora täyttää lähes sellaisenaan tiekevytsoran laatuvaatimukset. Aiemmin tierakenteissa on käytettykin yleisimmin lajittelematonta kevytsoraa.

### **2.3.2 Tuotanto ja saatavuus**

Saven laatu ja poltossa käytettävän energian määrä määrittävät tuotteen ominaisuudet. Valmistuksen jälkeen kevytsora seulotaan tehtaalla eri siiloihin, jonka jälkeen kevytsorareseptit muodostetaan siiloista yhdistelemällä keskenään eri raekokoja tietyissä suhteissa tuotelaatujen mukaisesti. Joihinkin tuotteisiin lisätään tarpeen mukaan lisäainetta kapilaarisen veden nousun pienentämiseksi. Näiden toimintojen jälkeen Leca-kevytsora on valmista toimitettavaksi. Kevytsoran toimitus on mahdollista sekä irtosorana että säkitettynä. (Leca Finland Oy)

Suomessa nykyisin yksi suurimmista ja vaikuttavimmista kevytsoratehtaista sijaitsee Kuusankoskella. Suomalaisten laitosten tuotantokapasiteetit riittävät suomalaisten tarpeisiin. Kevytsoran ominaisuuksista esimerkiksi tilavuuspaino on jossain määrin riippuvainen raaka-aineen eli saven ominaisuuksista ja jossain määrin tuotantolaitoksesta. Tuotannon yhteydessä on jossain määrin mahdollista säädellä syntyvän tuotteen ominaisuuksia. (Tielaitos, 1997)



### 2.3.3 Tekniset ominaisuudet

Leca-kevytsora on kevyt, mutta silti kestävä ja lämpöä eristävä materiaali, joka ominaisuuksiltaan on kitkamaan tyyppinen. Keveyden ansiosta Leca-kevytsoraa on helppo käsitellä työmaalla ja toimitus onnistuu hankaliin ja heikommin kantavillekin kohteille.

Mekaaniset ominaisuudet vaihtelevat Leca-kevytsoralla sen rakeiden koon ja paisumisasteen perusteella. Pienemmät rakeet koosta riippuen ovat yleensä kestävämpiä kuin isot rakeet. Leca-kevytsoran teknisiä ominaisuuksia on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 2). (Weber Saint-Gobain 2016)

**TAULUKKO 2. Leca-kevytsoran geotekniset ominaisuudet (Weber Saint-Gobain 2016)**

OMINAISUUS	VAIHTELUVÄLI	OMINAISARVO	YKSIKKÖ	STANDARDI / KOEMENETELMÄ
Raekoko	4–32 tai 4–20 <sup>(1)</sup>	–	mm	EN 933-1
Ali- / Ylikoko	< 15 / < 10	–	p-%	EN 933-1
Tiheys (irtokuiva)	300 (±15 %)	–	kg/m <sup>3</sup>	EN 1097-3
Tilavuuspaino			kN/m <sup>3</sup>	EN 1097-3
– irtokuiva		3,0		
– kuiva ( $w_{\max} = 30 \text{ p-\%}$ ) <sup>(2)</sup>		4,0		
– ajoittain veden alla		6,0		
– pysyvästi veden alla		10		
– nostemitoituksessa		3,0		
Kitkakulma	33–40°			kolmiakssiaalioke
– löyhänä		34°		EN 15732 Annex A
– tiivistettynä		37°		
Vedenläpäisevyys	10 <sup>-3</sup> –10 <sup>-1</sup>	–	m/s	–
E-moduuli (kantavuusmitoitus)	30–80 <sup>(3)</sup>	50	MPa	kantavuuskokeesta takaisinlaskettu
Lämmönjohtavuus	0,10–0,17	0,15	W/mK	EN-15732:2012
Vastaavuus eristävyiden kannalta, $a_1$ <sup>(4)</sup>	–	4	–	–

#### Tiheys

Leca-kevytsoran kuivairtitiheys työmaalle tuotaessa on noin 300 kg/m<sup>3</sup>. Tiivistettäessä kevytsoran tilavuus pienenee löyhästä tilasta noin 10 %, joten tiivistämisen jälkeen rakenteen kuivairtitiheys on noin 340 kg/m<sup>3</sup>. Rakenteessa todellisen kevytsoran tiheyden arvioimisen lisäksi tulee huomioida kevytsorarakkeiden pinnassa esiintyvä vesi, mahdollinen rakeiden vapaan veden määrä, sekä kevytsorarakkeiden absorboima vesimäärä. (Weber Saint-Gobain 2016)

Kevytsorarakkeiden väliin jäävä tyhjätila on keskimäärin 25 - 30 % koko tilavuudesta ja rakeiden sisäinen huokostila 55 - 58 % koko tilavuudesta. Kevytsorarakkeiden pienemmät rakeet ovat painavampia kuin isot. Tästä johtuen eri lajikkeilla olevat tilavuuspainot voivat jossain määrin poiketa toisistaan. (Weber Saint-Gobain 2016)

## **Vesipitoisuus**

Kuumassa uunissa valmistettu kevytsora on täysin kuivaa ja sitä joudutaan pölyämisen välttämiseksi kuormausvaiheessa jopa hiukan kastelemaankin. Kevennystarkoituksiin käytettävä kevytsora voi ulkovarastossa jonkin verran kostua, mikä jatkuu valmiissa rakenteessa olosuhteista riippuen, joten tämä ei aiheuta toimenpiteitä. Pohjaveden yläpuolella vesi kasaantuu pääasiassa vaippavetenä rakeiden pinnalle. Hyvin kosteissa olosuhteissa on huomioitavaa, että rakeiden sisäiset huokokset saattavan osittain täyttyä. Tämä on huomioitava mitoitustilavuuspainoa määriteltäessä. Siksi tämä on huomioitava kevytsoran toimituksen kuivatilavuuspainoon lisäämällä  $80 \text{ kg/m}^3$  niin sanottua ”vesivaraa” normaaleissa olosuhteissa pohjaveden yläpuolella ja kosteissa olosuhteissa enemmän. (Tielaitos, 1997)

## **Lujuusominaisuudet**

Tiivistetylle kevytsoralle sallituksi staattiseksi maksimikuormitukseksi on esitetty  $200 \text{ kN/m}^2$ , jolloin kerroksen kokoon puristuma on noin 1 %. Tämä ei käytännössä rajoita kevytsoran käyttöä tiepenkereiden kevennystarkoituksiin. Leca-kevytsoran kantavuus (E-moduuli) liikennekuormitetussa rakenteessa on jännitystilariippuvainen ja vaihtelee 30-80 kPa välillä. Päälysrakenteen mitoituksessa kevytsoran rinnastetaan D-luokan maahan ja sen E-moduulina käytetään 50 kPa:n ominaisarvoa. (Weber Saint-Gobain 2016)

Kevytsoran kitkakulma voi vaihdella riippuen rakeiden pinnan sileydestä välillä  $32 - 39^\circ$ . Kevytsoran keskimääräinen leikkauskestävyyskulma eli kitkakulma tiivistetyssä rakenteessa on  $37^\circ$ .

## **Tiivistyminen**

Kevytsora on suhteellisen tasarakeista, joten se tiivistyy suhteellisen vähän, noin 3 - 5 %. Tiivistyminen tapahtuu levityksen, tiivistyksen sekä päälysrakenteen ajon yhteydessä eikä vaadi maapenkereen tapaista raskasta tiivistystyötä. (Tielaitos, 1997)

## **Maanrakennustekniset ominaisuudet**

Kevytsoran toimitus työmaille tapahtuu isoilla kuormayhdistelmillä, joten työkohteissa ne vaativat kohtuullisen suuret ja hyvät varastointi tilat sekä kulkumahdollisuudet. Yhden kuorman maksimikuormakoko on noin  $110\text{-}120 \text{ m}^3$ . Jossain määrin työkohteeseen

pääsyä helpottaa kevytsoran keveys.

Kevytsora voidaan asentaa joko kippaamalla tai nostolaatikoin. Kevytsora levitetään maarakennustöiden tapaan telapuskukoneilla tai kaivinkoneella, jotka pystyvät liikku-  
maan kevytsoran päällä painumatta ja näin liikkuessaan kevytsoran päällä suorittavat sa-  
malla esitiivistämisen. Kevytsoraa ei välttämättä tarvitse levittää kerroksittain. Kerralla  
tehtävän täytön vahvuus voi olla jopa 500 – 1000 mm. (Tielaitos, 1997)

#### **2.3.4 Leca-kevytsoran laatuvaatimukset**

Kevytsorarakenteen yleiset laatuvaatimukset sekä työlle, että materiaalille on esitetty  
Infra- ja MaaRYL-julkaisussa.

Leca-kevytsoran tärkeimmät laatuvaatimukset ovat seuraavat:

- Rakeisuuden ohjealue on 4...32 mm.
- Toimituksen tilavuuspaino on enintään 320 kg/m<sup>3</sup>.
- Murskattua ainesta ei saa käyttää.
- Tehdas valvoo tuotannon laatua Rakennustuotteiden laatu RTL ry:n valvonnassa  
ohjeen mukaisesti. (Tielaitos, 1997)

#### **2.3.5 Leca-kevytsoran mitoitustilavuuspainot**

Maarakennuskevytsoralla KS432 kuivan penkereen tilavuuspainoksi tulee 320 kg/m<sup>3</sup> +  
80 kg/m<sup>3</sup> ("vesivara") = 400 kg/m<sup>3</sup> eli 4 kN/m<sup>3</sup>.

Vastaavasti yleiset mitoitusarvot ovat:

- kuiva penger 4 kN/m<sup>3</sup>
- ajoittain veden alla 5 kN/m<sup>3</sup>
- pysyvästi veden alla 10 kN/m<sup>3</sup>
- nostemitoituksessa 3 kN/m<sup>3</sup> (nosteen arvo 7 kN/m<sup>3</sup>) (Tielaitos, 1997)

### **2.4 Laadunvalvonta työmaalla**

Kevytsorapenkereen mitat tarkastetaan maastossa 20 metrin välein mittaamalla poikki-  
leikkauksen taitepisteet sekä taitepisteiden välit 1,0 metrin välein. Penkereen tiiveyttä ja  
kantavuutta valvotaan työmenetelmätarkkailuna ja tiivistystyön laatua tarkkaillaan sil-  
mämääräisesti. (InfraRYL 2010.)

Suodatinkankaasta tarkistetaan, että se on asennettu asianmukaisesti ja se täyttää laatuvaatimuksen erityisesti käyttöluokan osalta ja limitys tehdään ohjeistuksen mukaisesti.

#### **2.4.1 Vaaitusperusteinen laadunvalvonta**

Kevytsoran levittämisen ja tiivistämisen jälkeen mitattiin rakenteeseen laitetun kevytsoran tilavuus. Tätä kyseistä mitoitusarvoa verrattaessa kevytsoran irtotilavuuteen voitiin arvioida kevytsorarakenteen keskimääräistä tiivistymisastetta. Menetelmä perustuu arvioon, että vain osa tiivistymisestä aiheutuu muusta, kuin kevytsorarakkeiden uudelleenjärjestymisestä, kuten rakeiden hienonemisesta ja tämä voidaan jättää tarkastelussa huomioimatta. (Weber Saint-Gobain 2016)

#### **2.4.2 Staattinen levykuormituskoe**

Levykuormituslaitetta hyödynnetään tie- ja maanrakenteiden muodonmuutos- ja tiiveysominaisuuksien mittauksissa. Kyseisellä menetelmällä mitataan kuormituslevyn alta kadun pintarakenteen painumaa. (Weber Saint-Gobain 2016)

### **2.5 Uudelleenkäytettävyys**

Kevyen liikenteen väylän uudelleenkäytettävyyttä ajatellen Leca-kevytsora kestää maassa muuttumattomana vuosisatojen ajan. Kevytsora voidaan siis kaivaa ylös vanhasta rakenteesta ja käyttää maanrakentamisessa esimerkiksi uudelleen kevennyksenä tai eristeenä. Uusiokäyttö kuitenkin edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua ja materiaalin ominaisuuksien varmistamista siten, että voidaan varmistua, että materiaali täyttää uudelle materiaalille esitetyt vaatimukset.

### **2.6 Muut kevennysmateriaalit**

#### **2.6.1 EPS-kevennykset**

EPS – keventeet soveltuvat maanrakentamiseen, pehmeikköalueiden uudis- ja korjausrakentamiseen sekä piha-alueiden muotoiluun. EPS toimii kevyenä rakennusmateriaalina ja keveydestä huolimatta on luja ja kestävä ratkaisu. EPS-keventeiden avulla saadaan poistettua painuma- ja vakavuusongelmat suhteellisen helposti. EPS-kevenne so-

peutuu kohtuullisesti vaikeisiin paikkoihin ja ne ovat kohtuullisen helppo ja nopea rakentaa ahtaasta tilasta huolimatta. Materiaalin menekki pystytään määrittämään melko tarkasti ennakkoon. (ThermiSol Oy)

EPS-kevenne valmistetaan yleensä tiheydeltään 15-30 kg/m<sup>3</sup> olevista paisutetuista polystyreenikappaleista (kuva 2). EPS-keventeissä yleisimmin käytettävä kappaleiden koko on 500 x 1200 x 2000/30000 mm. Kappaleet tilataan tehtaalta määräkokoisina, mutta työmaaloissa EPS-kevenne on mahdollista työstää haluttuun kokoon. Keventeen paksuus suunnitellaan yleensä enintään 0,1 metrin jaoilla. Rakennusvaiheessa kevenne suojataan joko muovilla tai ilman. Suojauksena toimii myös päällysrakenne, joka tehdään työmaan käyttötarkoituksesta riippuen esimerkiksi asfaltista. Joissakin suojauksena voidaan käyttää betonilaattaa. (ThermiSol Oy)



Kuva 2. EPS-kevenne. (EPS-Rakennuseristeteollisuus)

EPS-keventeen miinuksena on levyn vaara rikkoutua ja sitä kautta kevenne antaa kantavuudelle odotettua heikommat lukemat.

Ympäristölle EPS-kevenne on myrkytön, eikä keventeen pitäisi vettyä, lahota tai homehtua. Pohjarakennusmenetelmä ja kevennyspaksuus valitaan aina kohde kohtaisten suunnitelmien pohjalta. Yleiset suunnittelu- ja rakentamisohjeet EPS-keventeille määrit-

televät mitoituksessa käytettävät arvot, esim. puristuslujuuden tulee yleensä olla vähintään 100 kPa, kun kokoon puristuma on 5 %.

Keventeiden käyttökohteita:

- kadut ja maantiet
- piha- ja liikealueet
- rakennusten alapohjat ja erilliset perustukset
- urheilukentät
- meluvallit, pengerrykset
- torit ja pysäköintialueet
- siltapenkereet

### 2.6.2 Kevytsorabetoni

Kevytsorabetoni joka tunnetaan myös nimellä Siporex. Kevytsorabetoni on erikoisbetonia, joka on valmistettu kevytsorasta, täyteaineesta, sementistä ja vedestä (kuva 3).

Massa tehdään yleensä valmisbetonin tavoin betoniasemalla ja tuodaan työkohteeseen sekoitinsäiliöautoilla. Kevytsorabetonia ei voi siirtää pumppaamalla. (Betonivuori Oy)

Siporexin teknisiä ominaisuuksia:

- tilavuuspaino maarakenteissa 4...6 kN/m<sup>3</sup>
- lämmönjohtavuus maarakenteissa 0.15...0.19 W/mK
- eristävyys Liikenneviraston tierakenteiden suunnitteluohjeen mukaan 4
- Odemarkin mukainen mitoituskantavuus 50 MPa
- levykuormituskokeessa E-moduuli 35...70 MPa
- max. Tasainen kuormitus rakenteessa tiivistettynä 50-100 kPa
- kitkakulma 34...37 astetta (Destia Oy)



Kuva 3. Siporexin yleisin käyttömuoto. (Destia Oy)

Käyttökohteita kevytsorabetonille on monia mutta yleisimpiä ovat: katujen ja pihojen kantavat kerrokset ja routaeristykset, putkijohtorakenteet, kevyet täytöt, korotukset, vesikattorakenteiden kallistukset ja lämmöneristykset. (Betonivuori Oy)

Kevytsorabetonia ei suositella käytettäväksi tiekohteissa paksuissa massiivisissa täytöissä kevytsoran tavoin vaan ohuena kerroksena päällysrakenteessa kantavassa kerroksessa, jolloin lujuusominaisuuksia hyödyntäen pystytään päällysrakenteen paksuudesta pienentämään ja näin saadaan koko penkereestä kevyempi. Päällysrakenteessa hyödyntämällä kevytsorabetonia voidaan myös kevytsorapengertä keventää. (Tielaitos, 1997)

Vanhan tien painumakorjauksiin, kevytsorabetoni antaa erityisen edun verrattuna pelkän kevytsoran käyttöön. Edut tulevat esiin esimerkiksi tarvittavan kaivannon jäämisenä matalammaksi ja työnaikaisen liikenteen hoitamisen helppoutena. (Tielaitos, 1997)

Kevytsoran keveyttä on yritetty hyödyntämään myös bitumoidussa kevytsorassa ja kevytsora-asfaltissa. Nämä toimenpiteet liittyvät lähinnä vanhan painuneen tien päällystysurakan korjausmenetelmiin, joilla penkereen painoa pyritään hiukan keventää. (Tielaitos, 1997)

### 2.6.3 Vaahtolasi

Vaahtolasi on puhdistetusta kierrätyslasista valmistettu kevytkiviaines (kuva 4). Vaahtolasia on käytetty jo pitkään ja sen ominaisuudet ovat suurimmalle osalle tiedossa. Vaahtolasi kevyttä, helppoa työstellä, ympäristöystävällistä ja palamatonta. (Uusioaines Oy)

Vaahtolasimurskeet soveltuvat talonrakennuksen eri rakenteiden käyttökohteisiin, mutta myös infrarakentamisen käyttökohteita vaahtolasille on. Infrarakentamisessa vaahtolasin yleisimpiä käyttökohteita ovat tie- ja katurakenteet, piharakentaminen, kunnallistekniikka, tukimuuri ja taustatyöt. Vaahtolasi on kevennysrakenteista keveimpiä murskemateriaaleja ja juuri vaahtolasin keveyden takia tuotteen edut tulevat esille materiaalin käytön helppoutena sekä jokseenkin kuljetusten yhteydessä. (Uusioaines Oy)

Vaahtolasin lämmönjohtavuus kuivana on noin  $0,1 \text{ W/mK}$ , joka on hyvä, johtuen vaahtolasin vaahdotetun solurakenteen ansiosta. Vaahtolasimurskeen edut tulevat esille asettuvuudessa ja materiaalin kitkakulmassa. Nämä edut takaavat kohtuullisen tukevan alusrakenteen työmaalle. Vaahtolasin on palamatonta ja sillä on vedenjohtavuusominaisuudet. (Uusioaines Oy)

Vaahtolasin raaka-aineena käytetään keräyslasia, mikä puhdistetaan ja jauhetaan ennen uunissa paisuttamista. Vaahtolasin valmistustavasta johtuen se ei sisällä orgaanisia aineita ja on palamatonta sekä siitä ei haihdu tai liukene haitallisia aineita tavanomaisissa käyttökohteissa. Keräyslasia vaahtolasin valmistuksessa raaka-aineena hyödyntäen, siitä on etuja myös ympäristölle säästämällä luonnonvaroja ja pienentämällä hiilijalanjälkeä. Vaahtolasi on uudelleen käytettävissä. (Uusioaines Oy)

Vaahtolasista on myös tehty tutkimuksia pohjavesialueilla. Tutkimusten mukaan vaahtolasimurskeen käyttö kevennysmateriaalina ja routaeristeenä tie-, katu- ja kenttä rakenteissa ei aiheuta merkittävää pohjaveden pilaantumisriskiä. (Uusioaines Oy)



Kuva 4. Vaahtolasin yleisin raemuoto (Uusioaines Oy, Foamit-vaahtolasi)



#### 2.6.4 Rengaskevenneet

Rengaskevennyksen materiaalina käytetään käytöstä poistettuja kierrätettyjä renkaita. Renkaat voidaan silputa rengasrouheeksi, koota paaleiksi tai käyttää sellaisinaan (kuva 5). Renkaan materiaali koostuu pääasiassa kumista, mutta sisältää myös nokea ja terästä. Yleisin käytetty rengasrouhe on RR 300, jossa silputun palan sivumitta on 300 mm. Muita hienorakeisempia rengasrouheluokkia ovat RR 30, RR 50, RR 80, RR 150 ja RR 200, joissa rouhe on valmistettu kokonaisista renkaista useammalla leikkauskerralla. (Liikennevirasto, 2011)

Rengaskevennyksen tärkeimpiä ominaisuuksia ja etuja ovat:

- kustannuksiltaan edullinen
- suuri vedenjohtavuus
- ei pohjavesialueille
- vaatii ympäristöviranomaisen luvan
- suuri kokoonpuristuvuus rakennettaessa
- vaatii paksut päällysrakennekerrokset
- ei nostemitoitusta
- suojattava paloturvallisuussyistä
- voidaan käyttää myös tulva-alueilla

Rengasrouheen yleisimmät käyttökohteet ovat alemman luokan tiet, kenttärakenteet ja siirtymäkiilarakenteet. Tienpenkereisiin suositellaan käytettävän luokan RR 300 mukaista materiaalia. Mikäli rengasrouheen tiivistäminen raskailta työkoneilla on putkilinjojen tms. takia hankalaa, suositellaan käytettävän pienempää rengasrouheluokkaa. (Liikennevirasto, 2011) Rengaskevennyksen käyttöä on rajoittanut sen sopimattomuus tiettyihin paikkoihin sekä sen haastava käsiteltävyys työn aikana.

Kokonaisten renkaiden käyttöä voidaan hyödyntää esimerkiksi meluvalleissa tms. rakenteissa. Rengasrouhetta ja kokonaisia renkaita hyödynnetään yleisesti myös kaato- paikkojen kuivatusrakenteita rakennettaessa. Rengaspaalien käyttökohteiksi parhaiten soveltuvat kohteet joissa ei esiinny suuria kuormia, kuten meluvalleihin, alempiluk- kaisten teiden keventämiseen pehmeiköillä ja tulva-alueella sekä tulvapenkereisiin. (Liikennevirasto, 2011)



Kuva 5. Rengaskeventeen hyödyntäminen. (Kuusakoski Recycling)

### 3 TYÖKOHDDE

Työkohteena toimi Tampereen kaupungin Lielahden kaupunginosassa sijaitseva kevyen liikenteen väylä (kuva 6). Kyseinen kevyen liikenteen väylä rakennettiin heikosti kantavalle pohjamaalle. Kevyenliikenteen väylän rakenne muodostui jakavasta kerroksesta, kantavasta kerroksesta ja asfalttipäällysteestä.



Kuva 6. Kevyen liikenteen väylä ennen rakentamisen aloitusta.

#### 3.1 Kohteen tavoitteet

Työn tavoite oli parantaa kevyen liikenteen väylän kantavuutta, sekä nostaa sen tasausta ja vähentää pohjamaan rasitusta käyttäen kevennettyä rakennetta Leca-kevytsoraa (Leca sora 4/32 mm). Työn tilaajana toimi Pirkanmaan ELY-keskus ja tilaajan toiveesta päädyttiin kevennetyistä rakenteista Leca-kevytsoraan.

Keväisin kevyen liikenteen väylä on aina tulvan peittämänä ja vastaavasti talvisin jään peitossa ja näin ollen ongelmat haittaavat kevyen liikenteen väylän käyttäjiä. Kevyen liikenteen väylän ongelmat ovat olleet jopa niin pahoja, että ajoittain väylä on jouduttu sulkemaan ja poistamaan käytöstä. Tästä syystä nostamalla kevyen liikenteen tasausta 0,5 m ja parantamalla kuivatusta, pyrittiin ongelmat ehkäisemään ja parantamaan väylän toimivuutta. Pohjamaan kantavuus on niin heikko ja se on niin pehmeää ja märkää, että kevyen liikenteen väylä oli ajansaatossa painunut huomattavasti. Mikäli massanvaihto olisi tehty jakavaan kerrokseen murskeilla, painuminen olisi vain pahentunut kasvavan kuormituksen takia. Tästä syystä päädyttiin käyttämään kevennettyä rakennetta Leca-



kevytsoraa. Kyseisen kevyenliikenteen massanvaihto suoritettiin 600 m matkalle 4 m levyisenä ja 500 mm vahvuisena.

### 3.2 Käytettävä materiaali

Miksi Leca-kevytsora? Kevyen liikenteen väylällä esiintyneet jokavuotiset ongelmat routimisen, tulvimisen sekä kevyen liikenteen väylän painumisen suhteen oli löydettävä ratkaisu. Leca-kevytsoraa käytetään pääasiassa kevennysmateriaalina vähentämään tai tasaamaan painumia tai estämään ne kokonaan, parantamaan alueen vakavuutta, sekä pienentämään taustatäytön aiheuttamaa tukirakenteeseen kohdistuvaa maanpainetta. Lisäksi näissä tarkoituksissa kevytsora voi samalla toimia kuivatusta tehostavana kerroksena sekä routasuojauksena. Tämän vuoksi Leca-kevytsora oli ehdottomasti järkevin ja toimivin ratkaisu kevyen liikenteen väylän ongelmiin.

### 3.3 Pohjavesialue

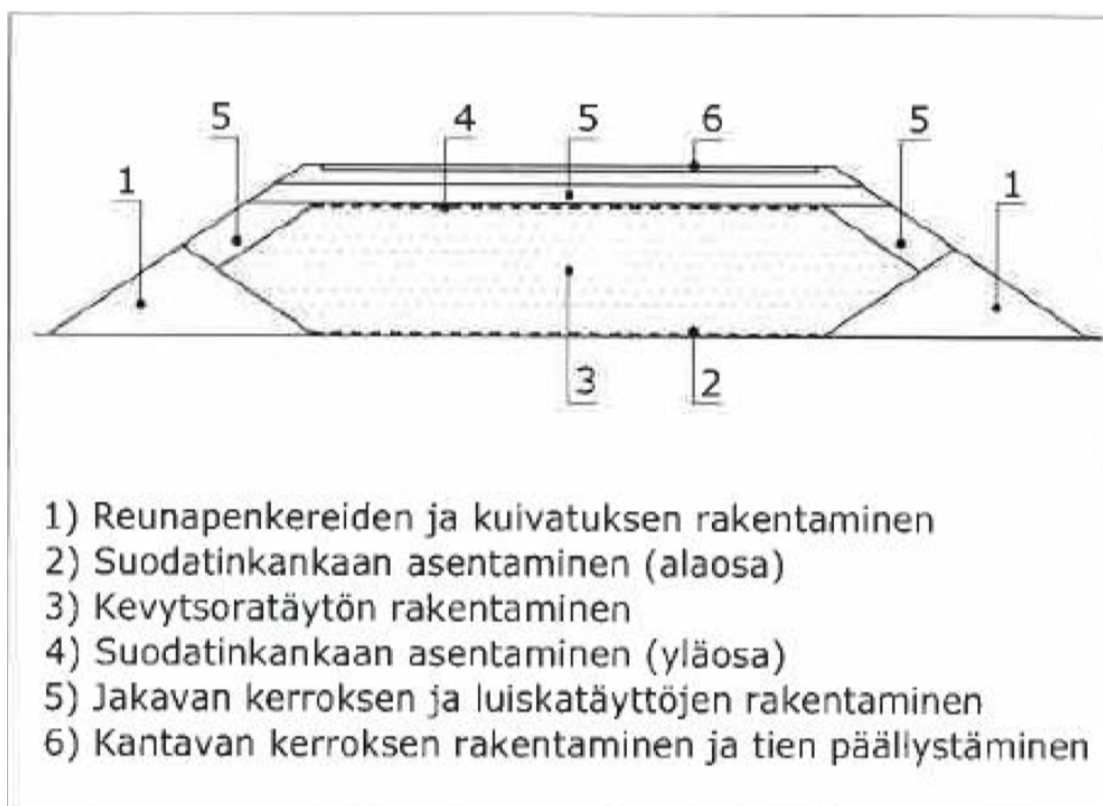
Työmaa sijaitsee pohjavesialueella ja tästä syystä oli tärkeää miettiä, mitä kevennysmateriaalia työmaalla käytetään (kuva 7). Mahdollisia materiaaleja kevyen liikenteen väylän toteutukseen, joista ei ole vaaraa ympäristön pohjavedelle oli Leca-kevytsora, vaahtolasi ja EPS-kevenne. Tilaajan toimesta päädyttiin kuitenkin Leca-kevytsoraan. Luonnon savesta valmistettu täysin inertti materiaali Leca-kevytsora mahdollisti tämän herkälle pohjavesialueelle soveltuvan kevennysratkaisun ja toteutus voitiin varmistaa ympäristöstävällisesti vahingoittamatta pohjavettä materiaalin liukoisuuden osalta.



Kuva 7. Satelliittikuva kohteen sijainnista. (Google Maps)

## 4 RAKENTAMINEN

Kuvassa 8 kuvaillaan Leca-kevytsoralla toteutetun rakenteen oikeaoppiset eri toteutus ja työvaiheet, joihin haetaan selkoa ja perehdytään tarkemmin tässä rakentamisen osiossa.



Kuva 8. Kevytsorapenkereen rakentaminen (InfraRYL 2010).

### 4.1 Työmaavalmistelut ja toteutus

Kaiken lähtökohtana oli työmaa-alueelle kuuluvan maanalaisen infran selvittäminen. Maanalainen infra selvitettiin Johtotietopankista, Kaivuuluvasta ja Geomatikk Finlandista joilta saatiin kyseisen kohteen kunkin johdon, kaapelin sekä putkien omistajat ja niiden tarvittavat tiedot. Tämän jälkeen jokaisen kyseiselle työmaa alueelle kuuluvan omistajan kanssa sovittiin maastoon merkitseminen, sekä karttojen toimitus sähköisesti työnjohtajalle ja tämä jakoi tiedon työmaalla työskenteleville. Kun kaikki alueella sijaitsevan maanalaisen infran tieto oli selvillä, työkohteella ryhdyttiin suorittamaan ojien perkaus ja kaivuutyöt kevyen liikenteen väylän kuivatuksen parantamiseksi (kuva 9).



Kuva 9. Kuivatuksen alkuparannus.

Ennen varsinaista kevytsoran toimitusta työmaalle tulee rakenne olla siinä kunnossa, että asfalttipäällysteet, kantava- ja jakavakerros on poistettu, sekä vaadittu kaivuussyvyys suoritettu suunnitelmien mukaisesti.

Rakentaminen alkoi siis asfalttipäällysteen poistolla (kuva 10). Asfalttipäällystettä oli noin 15 cm. Asfaltinpalat poistettiin kaivinkoneella ja kuljetettiin kuorma-autoilla Asfalttikallio Oy:n asfaltinkeräyspaikalle. Työtä hankaloitti päällysteeseen asennettu Hatelit-lujiteverkko, joka oli ensimmäisen päällystekerroksen alla, noin 50 mm syvyydessä. Hatelit verkko oli asennettu rakenteeseen vuonna 2006.





Kuva 10. Asfalttipäällysteen poisto.

Asfalttipäällysteen poiston jälkeen ryhdyttiin kaivamaan kantavaa kerrosta. Kantavaa kerrosta poistettiin noin 30 cm syvyydeltä, koko massanvaihdon matkalta. Kantavan kerroksen materiaali oli kuitenkin niin hyvää mursketta, että murske varastoitiin kevyen liikenteen väylän reunoille ja siitä muotoiltiin Leca-kevytsoraa varten tuleva kaukalo (kuva 11). Murske hyödynnettiin tilaajan luvalla vielä osittain uuteen kantavaan/jakavana kerrokseen ja tien tasauksen noustessa materiaalia tarvittiin myös luiskiin, joten mursketta hyödynnettiin myös luiskatäyttömateriaalina.





Kuva 11. Murskeen varastointi ja hyödyntäminen.

Kantavan kerroksen (hyödynnettävä puhdas materiaali) leikkauksen jälkeen kaivettiin loppu jakavakerros koko parannettavan massanvaihtokohdan pituisesti (600 m matkalta) suunnitelmien mukaiseen kaivuussyvyyteen. Jakavan kerroksen materiaali toimitettiin läjitysalueelle, koska se oli sekoittunut pohjamaan kanssa.

Ennen varsinaista kevytsoran levitystä, rakennettiin kevennyksen alaosan reunapenger-rykset, jotta kevytsora saadaan ajetuksi reunoja tukeviin ”laatikoihin” (kuva 12). Reunapenger tehdään ennen kevytsoran levitystä ja tiivistetään pengertäytteen tiiveyteen.





Kuva 12. Kevennyksen alaosan reunapengerrykset, kevytsoran ”laatikointi.”

Reunapenkereen rakentamisen jälkeen kaivannon pohjalle ja sivuille levitettiin käyttöluokan N3 suodatinkangas voimassa olevan ohjeistuksen mukaisesti limitettynä  $\geq 0,5$  m (kuva 13). Tämän vaiheen jälkeen kevytsora voitiin kipata suoraan auton lavalta kaivantoon ja levittää levityskoneella. (InfraRYL 2010.)



Kuva 13. Suodatinkankaiden asentaminen.

Työmaa sijaitsi kostealla ja heikosti kantavalla pohjamaalla, joten kuivatuksen huomioiminen Leca-kevytsoraa ajatellen oli tarpeellista. Mikäli tilanne olisi se, että Leca-kevytsoralle tarkoitettuun kaukaloon kertyisi työmaalla vettä, olisi kaukalon reunoille tehtävä kuivatusratkaisut. Vesi pitää ehdottomasti saada johdettua kaukalosta pois, sillä kevytsoratäytön rakentamista penkereiden rajaamaan vesialtaaseen ei ole suotavaa. Kevenyksen pohja tulee kuivattaa tarpeen tullen ennen täyttöö esimerkiksi reuna salaojituksella. Mikäli vettä ei poisteta, on vaarana, että kevytsora jää kellumaan veden pinnalle ja näin ollen aiheuttaa työtekniisiä ongelmia erityisesti levittämisen ja tiivistämisen yhteydessä, jonka lisäksi työkohde muodostuu vaaraksi työntekijöille, koneille ja sitä myöten työmaan laatu sekä toteutus kärsivät. (InfraRYL 2010.)



Kyseisellä työmaalla erillisen kuivatuksen rakentamiseen ei kuitenkaan ollut tarvetta vaan vesi onneksi pysyi Leca-kevytsoralle tehdystä kaukalosta koko työmaan ajan pois ja pohja pysyi koko ajan kuivana. Työn ajankohta oli syyskuussa, joten lumesta ja jäästä, sekä niiden mahdollisista vaikutuksistaakaan ei tarvinnut huolehtia.

#### 4.2 Toimitus työmaalle

Leca-kevytsora toimitettiin työmaalle irtotavarana kuorma-autoilla. Yhteen täysperävaunukuorma-autoon mahtui Leca -kevytsoraa noin. 110-120 m<sup>3</sup>. Kuormat purettiin kippaamalla valmiiksi kaivettuun laatikoituun rakenteeseen (kuva 15) ja loput rakenteen läheisyyteen kevytsoralle tarkoitettuun varastointipaikkaan (kuva 14).



Kuva 14. Leca-kevytsoran varastointi työmaan läheisyydessä.



Kuva 15. Leca-kevytsoran toimitus suoraan rakenteeseen.

Suurissa hankkeissa kevytsora kannattaa varastoida useaan eri kohtaan rakenteen läheisyyteen, jolloin materiaalin tarpeettomasta liikuttelusta, sekä telaketjuajoneuvon liiallisesta käsittelystä aiheutuvaa kevytsoran hienonemista voidaan välttää. Tämän takia on tärkeää etukäteen suunnitella työjärjestys sekä kevytsoran purkamis- ja säilytyspaikat ennen materiaalin toimitusta. Leca-kevytsoran varastoinnissa on huomioitava myös varastointipaikan laajuus Leca-kevytsoran leviävyyden kannalta. Materiaalin ollessa pyöreää ja kevyttä Leca-kevytsora leviää helposti, kun tavara kipataan kuorma-auton lavalta. Mikäli työmaalla on mahdollista, kaukaloitu varastointipaikka on paras ratkaisu Leca-kevytsoran varastointiin.



### 4.3 Asentaminen ja tiivistäminen

Leca- kevytsora levitettiin rakenteeseen pitkäpuomisella kaivinkoneella (kuva 16). Levitys on mahdollista myös puskutraktorilla, koneistus on valittava järkevästi työmaan laajuudesta riippuen.



Kuva 16. Leca-kevytsoran levitys.

Kevytsoratäytön jälkeen suodatinkangas levitettiin myös täytön yli, jolloin suodatinkangas ympäröi kevytsoratäytön kokonaisuudessaan (kuva 17). Jos kevytsorakevennystä ei saada kerralla peittoon, on erityisesti liikennealueilla ja niiden läheisyydessä kevytsora hyvä peittää suodatinkankaalla esimerkiksi yön tai viikonlopun ajaksi, jotta kovan tuulen mahdollisesti kuljettama aines ei leviä pois kohteesta esimerkiksi ympäröivän liikenteen sekaan. (InraRYL 2010.)



Kuva 17. Suodatinkankaan asennus täytön yli ja kantavan kerroksen rakennus.



Kun suodatinkangas on levitetty täytön yli, voidaan rakentaa rakennekerrokset kerroksittain ja siirtyä tiivistykseen (kuva 18).



Kuva 18. Rakennekerrosten kerroksittainen täyttö.

Tiivistystavan valinnalla on ratkaiseva merkitys laadukkaan kevytsorarakenteen onnistumiseen. Leca- kevytsoran esitiivistäminen onnistuu tehokkaimmin tela-alustaisella koneella suoraan kerroksen pinnalta heti kevytsoran levityksen jälkeen ennen suodatinkanaan levityksen (kuva 19). Yliajokertoja tehdään 6-10 kertaa, käytettävän tela-alustaisen koneen koosta riippuen. Kevytsoran tiivistäminen tehdään pääsääntöisesti 0,5...1,0 metrin kerroksina tiivistyskalustosta riippuen. Tiivistettäessä löyhä Leca-sorakerros tiivistyy 5...10 %, mikä on otettava huomioon ylikorkeana täyttöpak-suutena Leca-kevytsoraa levitettäessä. Kevytsorarakenteen lopputiivistäminen tapahtuu kantavan murskekerroksen päältä.





Kuva 19. Leca-kevytsoran esitiivistäminen.

Tiivistyksen yhteydessä on huomioitava, että jos täyttö toteutetaan sellaiselle pohjamaalle, jonka kantavuus on heikko ja tiivistyksestä johtuen pohjamaa saattaa häiriintyä, tulee tiivistäminen toteuttaa paksumpina kerroksina. (Leca Finland Oy)

Tiivistyksessä olisi hyvä käyttää mahdollisimman suurta tiivistämistehoa, jonka Leca-soran rakeet kestävät rikkoutumatta, sekä ylempiin kerroksiin siirryttäessä tulee tiivistämistehoa pienentää rakeiden murskaantumisen välttämiseksi. Tiivistystehoon pystytään vaikuttamaan telakoneella yliajokertojen määrällä. Lopulliseksi tiivistyskalustoksi on suositeltava täräjä, jonka taajuus on säädeltävissä, jolloin tiivistysteho on muutettavissa siirryttäessä ylempiin kerroksiin (kuva 20). (Leca Finland Oy)





Kuva 20. Leca-kevytsoran lopputiivistys uuden kantavan kerroksen päältä.

#### 4.4 Tien päällystys

Kantavan kerroksen vaiheellisen rakentamisen ja lopullisen tiivistyksen jälkeen oli aika tien päällystykselle ja viimeistelytoille (kuva 21). Päällystys toteutettiin Asfalttikallio Oy:n levitysporukalla.





Kuva 21. Kevyen liikenteen väylä valmis ennen reunantäyttöä.

#### 4.5 Kalusto

Työmaakalustona asfaltin poistossa toimi tela-alustainen 24 tn kaivinkone ja kolme kuorma-autoa asfaltinpalojen kuljettamiseen läjityspisteelle. Kantavankerroksen kaivaminen suoritettiin samalla kaivinkoneella ja näin varastointi luiskiinkin oli yksinkertaista. Jakavan-kerroksen läjitykseen vietävät materiaalit kuljetettiin pois samoilla kuorma-autoilla.

Suodatinkankaiden levitys onnistui helposti kaivinkoneella. Leca-kevytsoran toimitus työmaalle tapahtui täysimittaisilla kuorma-autoilla kolmessa kontissa. Kuormat purettiin

kontti kerralla kippaamalla. Yksi kontti kaadettiin aina suoraan kaukaloituun rakenteseen ja loput kaksi konttia kipattiin Leca-kevytsoralle tarkoitettuun varastointipaikkaan työmaan läheisyyteen.

Leca-kevytsora levitettiin ja otettiin vastaan pitkäpuomisella (16,5 m) 21 tn kaivinkoneella, jolloin levitys onnistui pitkälle matkalle kerralla ja yksinkertaisimmin. Kaivinkoneilla suoritettiin myös esitiivistykset. Leca-kevytsoran kuljettaminen varastointipaikalta suoritettiin pyöräkuormaajalla.

Kantavan kerroksen materiaali kalliomurske (KaM) 0/32 mm toimitettiin kuorma-autoilla kohteeseen paluukuormina samalla, kuin vanha jakavan kerroksen materiaali toimitettiin läjitykseen, näin työmaa eteni jouhevasti ja materiaalia oli työmaalla käytössä koko ajan. Levitys tapahtui 15 tn pyöräkuormaajalla sekä kaivinkoneella kevennetyn Leca-kevytsoran päälle. Tämän jälkeen tiivistys suoritettiin 8 tonnin täryjyrällä, jonka jälkeen kohde päällystettiin Asfalttikallion levityskalustolla ja viimeistelytyöt suoritettiin pyöräalustaisella 16 tn kaivinkoneella.

## 5 MITTAUKSET

Taulukossa 3 on kuvailtu kevyen liikenteen väylän tavoitekantavuuksia. Kohteen tavoitteena oli päästä kantavan kerroksen päältä tavoitekantavuuteen 85 MPa.

**Taulukko 3. Jalankulku- ja pyörätien tavoitekantavuudet. (Tiehallinto 2004)**

KKL-luokka	Erillinen JP-tie Sr tai M	Erillinen JP-tie PAB -V	Erillinen JP-tie AB, PAB-B tai PAB -V	Korotettu JP-tie AB, PAB-B
Tavoite päällysteen päältä (ohjeellinen)	50...70 MPa	100 MPa	100 MPa	150 MPa
Päällysteen paksuus		40 mm	40 mm	40 mm
Tavoite kantavan päältä (vaatimus)	60 MPa	85 MPa	85 MPa	130 MPa
Kantavan laatu	M	M	M	M

### 5.1 Loadman

Suoritimme työmaalla pohjamaan kantavuusmittauksen Loadman pudotuspainolaitteella (kuva 22). Loadman on kevyt kannettava pudotuspainolaite, joka mittaa laitteen sisällä olevan painon putoamisen aiheuttamaa painumaa. Laitetta on helppo ja yksinkertaista käsitellä ja soveltuu monenlaisille työmaille.



Kuva 22. Pohjamaan kantavuusmittaus Loadman pudotuspainolaitteella.



## 5.2 Levykuormituskoe

Levykuormituskokeen toimintaperiaatteena on, että asetetaan jäykkä pyöreä levy maan pinnalle ja sitä kuormitetaan portaattain kasvavalla voimalla. Taipumat kirjataan ylöskäiseltä kuormitukselta. Mittareista luetaan painuma ja keskimääräinen pohjapaine. Tämän jälkeen koe toistetaan ja tulosten erotuksesta saadaan rakenteen tiiveys.

Levykuormituskoe suoritettiin ennen tien päällystämistä kantavan kerroksen päältä (kuva 23). Tarvittava kuormitus toteutettiin hydraulisella tunkilla ja vastapainona käytimme työmaalla olevaa 15 tn pyöräkuormaajaa. Kokeen suorittajana käytimme Mitta Oy:n ammattitaitoista henkilöstöä.

Leca-kevytsoran normien mukainen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä on 85 MPa. Kokeen tulokset olivat tässä tapauksessa kohtuullisen hyvät, kun kantavan kerroksen päältä saimme 82 MPa.



Kuva 23. Levykuormituskoe kantavan kerroksen päältä.

## 5.3 Painumat

Rakensimme painumatarkkailupisteet ja suoritimme ensimmäiset painumamittaukset marraskuussa 2017 ennen roudan mahdollisesti aiheuttamia vaikutuksia. Kiintopisteeksi mitattiin kevyen liikenteen väylän eteläpuolella olevan sillankaiteen kiinnityspultti, pohjoispuolella sijaitsevan alikulun maatuessa oleva teräsnaula, sekä prismatarrat itäpuolen ajojohdinpylvääseen ja länsipuolen rakennukseen. Seurantapisteitä tehtiin kahdeksan kappaletta.

Annoimme kevyen liikenteen väylän asettua talven yli ja seuraavat mittaukset suoritettiin huhtikuussa 2018, kunnes kaikki routa oli varmasti sulanut. Näitä saatuja lähtöpis-  
teiden koordinaatteja käytettiin seuraavassa seurantamittauksessa, jolloin kyseisiä mit-  
tauksia hyödynnettiin lähtökohtana, johon jälkimmäisiä tuloksia verrattiin.

Huomattavia painumia ei ensimmäisen talven jälkeen ole tullut. Painumat mitattiin  
kaksi kertaa.

Keskimäärin kevyen liikenteen väylän painuma oli noin 3,5 mm (liite 2), eli hyvä minimaalinen. Nämä painumat voidaan selittää kevennetyn rakenteen Leca-kevytsoran  
sekä kantavan kerroksen tiivistymisellä talven aikana. Kohteessa oli kahdeksan tarkis-  
tuspistettä, joista painuma mittaukset suoritettiin. Lisäksi kohteessa on silmämääräisesti  
tarkasteltu suurempia painumia esimerkiksi päällysteen kunto, joita ei kuitenkaan löyty-  
nyt. Kohteen silmämääräinen tarkistelu jatkuu edelleen Leca-kevytsoran sekä kevyen  
liikenteen väylän toimivuuden todistamiseksi.

#### **5.4 Routanousut**

Kevyen liikenteen väylän tasauksen vaihtelut olivat minimaaliset. Routanousua ei ta-  
pahtunut juuri lainkaan. Routanousua tarkisteltaessa on huomioitava tietysti talvi 2017  
jolloin pysyvä lumi tuli kohtuullisen myöhään sekä suuret sää ja pakkasen vaihtelut,  
jotka saattavat vaikuttaa tutkimustuloksiin. Tulokset olivat siitä huolimatta erittäin lu-  
paavia ja positiivisia.

Roudan aiheuttamia vaurioita ei ole todistettavasti tullut lainkaan. Kevyen liikenteen  
väylän roudan vaikutuksia tulee silti jatkossa seurata, jotta voimme todentaa Leca-ke-  
vytsoran hyödyt ja toimivuuden roudan suhteen.

## 6 KUSTANNUKSET

Kevennysmateriaalien alueellinen saatavuus vaikuttaa edelleen yhtenä suurimpana tekijänä eri materiaalien käyttöön. Suomessa ainoat merkittävät tehtaat, jotka valmistavat kevytsoraa, sijaitsevat Etelä-Suomessa, joten erityisesti pohjoisemmassa työskenneltäessä kuljetuskustannukset voivat nousta niin suuriksi, että muut paremmin saatavilla olevat materiaalit ovat todennäköisesti kustannustehokkaampi ratkaisu. Kustannuksia ajatellen toimitukset kuitenkin tapahtuvat suhteellisen suurissa kuormissa, joten tavaraa pystytään kerralla toimittamaan työmaalle kohtuullisen paljon.

Työmaa sijaitsi pohjavesialueella, joten mahdolliset materiaalit työmaan toteutukseen olivat Leca-kevytsora, vaahtolasi ja EPS-kevenne. EPS-keventeellä olisi työmaan voinut toteuttaa, mutta se olisi ollut huomattavasti kallein vaihtoehto, joten tästä syystä se jätettiin valinnasta pois. Siporex taas eli kevytsorabetoni olisi ollut  $25 \text{ e/m}^3$  eli huomattavasti halvin vaihtoehto, mutta liukoisuutensa johdosta ja pohjavesialueella työskenneltäessä jouduttiin kyseinen materiaali kuitenkin unohtamaan, ettei pohjaveteen vain liukene kyseisestä materiaalista mitään. Muuten kevytsorabetoni olisi kohteella toiminut.

Toteutus voitiin siis suorittaa joko Leca-kevytsoralla tai vaahtolasilla. Leca-kevytsoran ja vaahtolasin ominaisuudet ovat hyvin samankaltaiset ja myös toteutustapa on melko lailla samanlainen. Vaahtolasin etu verrattuna kevytsoraan on suurempi kitkakulma, mikä mahdollistaa kevennysrakenteen tekemisen myös ahtaammissa paikoissa. Leca-kevytsora toimitettuna kohteeseen on noin  $40 \text{ e/m}^3$ , kun vaahtolasi taas on noin  $45 \text{ e/m}^3$ . Vaahtolasin käyttöä ovat rajoittaneet lähinnä sen kevytsoraa kalliimpi hinta ja niin tässäkin kohteessa tilaaja valitsi käytettäväksi materiaaliksi siis Leca-kevytsoran, joka ei pohjavedelle aiheuta vaaraa ja oli kustannuksiltaan kohtuullisin kyseiselle työmaalle.

## 7 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli laatia käytännön työohje kevennetyn rakenteen Leca-kevytsoran käytöstä. Vuosien saatossa kevennysrakenteet ovat lisääntyneet ja lisääntyy infra-rakentamisen yhteydessä voimakkaasti. Materiaalien käyttö yleistyy ja kevennetyt kohteet laajenevat entisestään, kun rakentamista esiintyy väkisinkin myös heikommin kantavilla maaperillä. Seurauksena tästä, myös työmaalla tapahtuvan laaduntarkkailun merkitys on entistä suurempi, jotta pystytään ennaltaehkäisemään mahdolliset kalliit korjaustoimenpiteet.

Ennen toteutusta työmaalla työnjohdon ja työntekijöiden tulisi perehtyä huolellisesti työmaan suunnitelmiin ja työohjeisiin, jotta työmaan rakenne saadaan toteutettua suunnitelmien mukaisesti ja rakenteen toiminta on vaaditun mukainen. Työn toteutettavuus on jo suunnitteluvaiheessa todettu, mutta silti työmaalla on hyvä tarkistaa, että työ on varmasti toteutettavissa ennen varsinaiseen työhön ryhtymistä.

Vaadittuihin tarkemittauksiin on lisäksi kiinnitettävä huomiota, jotta materiaalia saadaan tilattua oikea määrä ja näin ollen välttämään kalliin tavaran ylijäämältä. Työohjeen noudattaminen ja tarkemittausten vaadittu suorittaminen auttavat, että vaadittu laatu on saavutettu ja työ toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Näin välttämään mahdollisilta korjauksilta ja sitä kautta lisääntyviltä kustannuksilta.

Suunnittelun, tavarantoimittajien ja työmaan henkilöstön välisellä yhteydenpidolla sekä ammattitaidolla lopputulos on yleensä parempi, kun jokaisella on tarvittava tieto työmaan toteutuksen kulusta, aikataulusta sekä tavoitteista.

Leca-kevytsora toimii pohjarakenteena hyvin. Tämän todistaa se, että kyseisessä kohteessa onnistuttiin välttämään kevyen liikenteen väylällä aiemmin esiintyneet painuma ja routa ongelmat. Leca-kevytsoran käytön myötä myös alueen vakavuus parani ja samalla kevytsora tehosti alueen kuivatusta. Työn onnistuttua työohje ja sen sisältö on luetettava ja toimiva.

Asennuksessa oli tärkeää huomioida aina tapauskohtaisesti Leca-kevytsoran varastointipaikka ja sen sijainti työmaan läheisyydessä sekä työvaiheiden oikea toteutusjärjestys. Tämä takaa, että Leca-kevytsoran asennus onnistui yksinkertaisesti ja nopeasti. Leca-



kevytsoran ansiosta kevyen liikenteen väylän huoltokustannukset tulevat jatkossa todennäköisesti tippumaan ja kohde on käytössä ympärivuotisesti.

Leca-kevytsora soveltuu monen tyyppisten maa- ja infrarakenteiden rakenteisiin. Leca-kevytsoran pieni tilavuuspaino yhdessä hyvän lujuuden, kantavuuden ja käsiteltävyyden kanssa tekevät kevytsorasta hyvän ja luotettavan vaihtoedon. Rakentaminen Leca-kevytsoralla on nopeaa verrattuna muihin kevenne ratkaisuihin. Leca-kevytsora on kestävä materiaalia ja kestää hyvin vaihtelevia sääolosuhteita.

Leca-kevytsoran haasteina ilmeni kevytsoran rakeisuuden johdosta sen helposti leviävyys sekä esitiivistyksen hankaluus ahtaissa paikoissa. Tiivistystä ei voi suorittaa kuin tela-alustaisella koneella. Varastoinnissa sekä kevytsoran vastaanotossa on erityisesti materiaalin leviävyys etukäteen huomioitava. Siksi kaukaloitu varastointipaikka Leca-kevytsoralle työmaan mahdollisuuksien mukaan on suositeltavin vaihtoehto. Lisäksi etukäteen on hyvä huomioida työmaalla sekä varastointipaikkaa ajatellen, että Leca-kevytsoraa toimitetaan suurissa kontti autoissa, joihin mahtuu jopa 120 m<sup>3</sup> kevytsoraa kerrallaan, ettei tämä tule yllätyksenä ja aiheuta ongelmia materiaalin vastaanotossa.

## LÄHTEET

Betonivuori Oy, Erikoisbetonit. <http://betonivuori.fi>. Luettu 19.1.2017

Destia Oy, Siporex esite. <http://destia.fi> Luettu 4.4.2018

EPS-Rakennuseristeteollisuus. <http://eps-eriste.fi> Luettu 27.3.2017

Google Maps. <http://google.com/maps> Luettu 4.4.2018

InfraRYL 2010. 18140 Kevennetyt penkereet. 18141 Kevytsorapenkereet ja –rakenteet.

Kuusakoski Recycling. <http://kuusakoski.com>. Luettu 8.2.2017

Leca Finland Oy. <http://www.leca.fi>. Luettu 22.11.2017

Liikennevirasto 2011. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 9.3.2011. Liikenneviraston ohjeita.

ThermiSol Oy. EPS-kevenne. <http://thermisol.fi>. Luettu 17.1.2018

Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu, Editra Prima Oy, Helsinki 2004. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>. Luettu 21.2.2017

Tielaitos 1997. Tien kevennysrakenteet. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitoksen selvityksiä 28/1997.

Uusioaines Oy, Foamit-vahtolasi. <https://www.foamit.fi>. Luettu 24.1.2017

Weber Saint-Gobain 2016. 2-11 Leca sora infrarakentamisessa, Suunnittelu ja rakentaminen 1.10.2016. <http://issuu.com>. Luettu 20.12.2017

Weber Saint-Gobain 2017. <http://www.e-weber.fi>. Luettu 21.12.2017

**LIITTEET**

Liite 1. Painumamittauspisteiden sijainti ilmakuvakartalla



## Liite 2. Painumamittausten tulokset

GK24/N2000

Lähtöpisteet ap1-ap4

Seurantapisteet 1-8

Ylempi rivi: 9.11.2017 lähtötilanne

Alempi rivi: 13.4.2018 mittauksen koordinaattierot lähtötilanteeseen

Vertaa pisteitä toisiinsa (XYZ,0.200)				dX	dY	dZ	dXY	dXYZ
9	0	12	1	6824143.847	24480982.149	102.322		
9	0	8	1M	-0.013	-0.037	0.017	0.039	0.043
9	0	12	2	6824103.864	24481007.251	102.291		
9	0	8	2M	-0.011	-0.035	-0.002	0.037	0.037
9	0	12	3	6824020.641	24481045.545	102.349		
9	0	8	3M	-0.007	-0.023	-0.007	0.024	0.025
9	0	12	4	6823936.805	24481082.189	102.418		
9	0	8	4M	-0.005	-0.017	-0.016	0.018	0.024
9	0	12	5	6823852.804	24481118.963	102.621		
9	0	8	5M	0.006	0.010	-0.019	0.012	0.022
9	0	12	6	6823768.651	24481156.002	102.881		
9	0	8	6M	0.017	0.029	-0.010	0.034	0.035
9	0	12	7	6823685.969	24481190.808	103.417		
9	0	8	7M	0.022	0.045	-0.003	0.050	0.050
9	0	12	8	6823599.085	24481226.573	104.499		
9	0	8	8M	0.034	0.069	0.047	0.077	0.090
9	0	12	ap1	6823509.175	24481262.754	110.969		
9	0	8	ap1M	-0.003	-0.013	-0.003	0.013	0.014
9	0	12	ap3	6823840.835	24481088.601	105.679		
9	0	8	ap3M	-0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
9	0	12	ap4	6823858.896	24481210.966	106.544		
9	0	8	ap4M	0.004	-0.001	0.000	0.004	0.004

## Liite 3. Levykuormituskokeen tulokset

## TIIVEYSMITTAUSLOMAKE



Mittauskohde: Tie 451  
 Tilaaja: Asfalttikallio Oy/ Niko Sekki  
 Pvm. 03.10.2017

Mittalaite: kannettava levypainolaite

Mitattu kantavan kerroksen päältä

## Mittaaja:

Pekka Rainti, laborantti, 040-747 2243

Porin aluelaboratorio, Kuriirintie 2, 28430 PORI

Piste/ Paalu	E1	E2	E2/E1	Huomautukset
	MN/m2	MN/m2		
PI 2679	29	82	2,83	Jyrätty kerrospaks. 500 mm
PI 2710	30	61	2,03	- " -
PI 3036	30	58	1,93	Jyrätty kerrospaks. 100-150 mm
PI 3147	16	25	1,56	Jyräämätön kerrospaks. 100-150 mm

Porissa 3.10.2017

Pekka Rainti

Pekka Rainti

## Liite 4. Loadman tulokset

**TIIVEYSMITTAUSLOMAKE**

**Mittauskohde:** Kevyen liik.väylä Tre, t-osa 451 Paasikiventie  
**Tilaaaja:** Asfalttikallio Oy / Niko Sekki  
**Pvm.** 02.10.2017  
**Työkohte:** 70065

**Mittalaite:** kannettava pudotuspainolaite AL-loadman  
**Mittaukset tehty leikkauspohjasta.**

**Mittaja:**

Jarmo Pöyhönen, laborantti, 0400-850753

Porin aluelaboratorio, Kuriirintie 2, 28430 PORI

Piste/ Paalu	E1 MN / m2	E2 MN /m2	E2/E1		
1	68	74	1,09		T-osa 451 / pl: 3202
2	65	71	1,09		T-osa 451 / pl:3091

Porissa 03.10.2017

Jarmo Pöyhönen, Mitta Oy, Pori

